



有効高さ評価モデルに関する標準

電力中央研究所 環境科学研究所

上席研究員 佐田 幸一

日本原子力学会 2012年秋の大会

2012年9月19日

 電力中央研究所



 電力中央研究所

本日の発表／全体構成

- ✓背景 -排ガス拡散現象-
- ✓安全解析のための大気拡散予測 -風洞実験 & 数値モデルの位置付け-
- ✓「有効高さ評価モデル分科会」の活動
- ✓日本原子力学会標準 発電用原子炉施設の安全解析における放出源の有効高さを求めるための数値モデル計算実施基準:20XX
- ✓標準におけるV&Vとの対応
- ✓今後の課題

排ガス拡散現象(1)

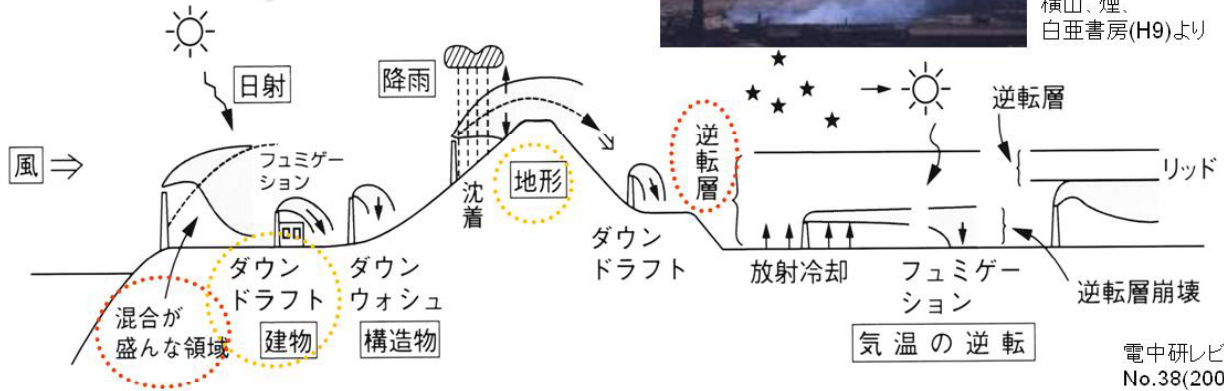
-排ガス拡散現象に影響する諸条件-

-  : 建屋・地形影響
-  : 熱の影響

熱・地形・建屋の複合条件下での排ガス拡散



横山、煙、白亜書房(H9)より

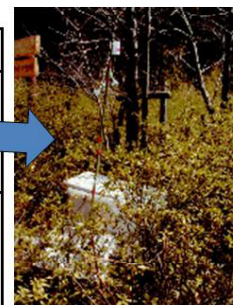


電中研レビュー、No.38(2000)より

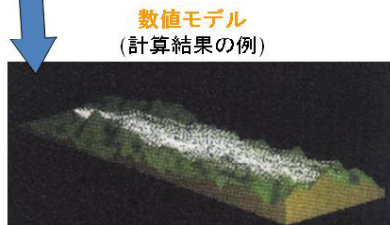
排ガス拡散現象(2)

-排ガス拡散の予測手法-

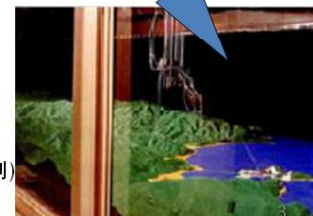
方法	内容	特徴
野外観測 (トレーサ実験)	野外で気象観測、トレーサガスを放出し周辺の濃度を測定する。	<ul style="list-style-type: none"> ・実現象に相当 ・再現性に問題 ・費用と期間が非常に大
室内実験 (風洞実験)	地形や建屋を再現した模型を風洞に入れ、気流やトレーサ濃度を測定する。	<ul style="list-style-type: none"> ・相似則の検討必要 ・実績多数 ・費用と期間が多大
数値モデル	運動式や拡散式を数値的に解いて気流や周辺の濃度を求める。	<ul style="list-style-type: none"> ・実現象に近い ・再現する条件に応じモデル化手法を選択



野外観測 (サンプラーの例)



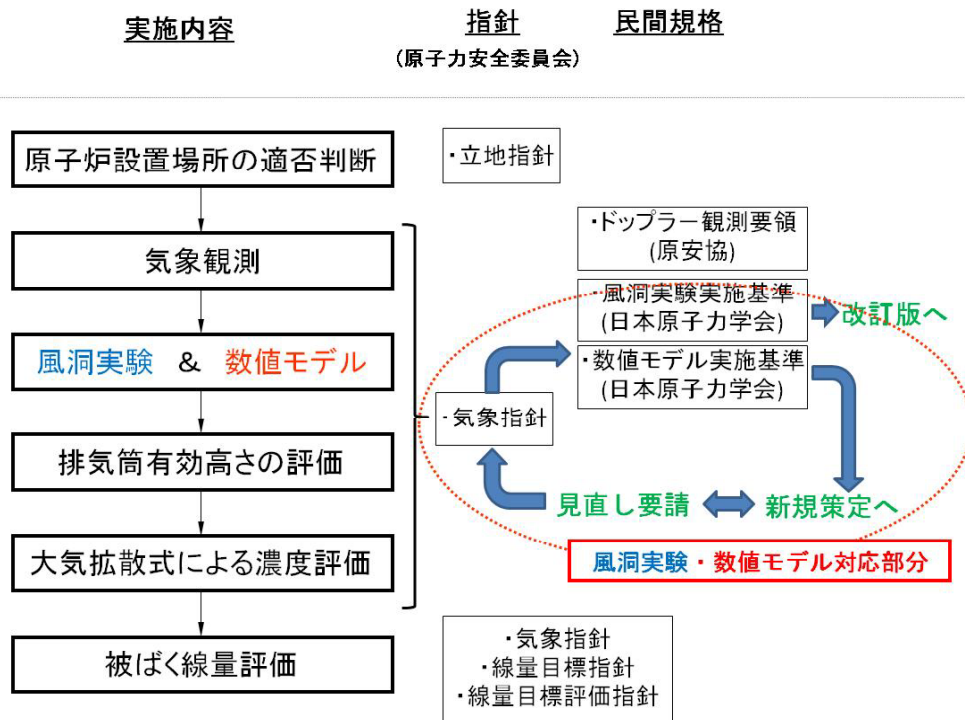
数値モデル (計算結果の例)



風洞実験 (実験状況の例)

安全解析のための大気拡散予測(1)

-風洞実験&数値モデルの位置付け-



安全解析のための大気拡散予測(2)

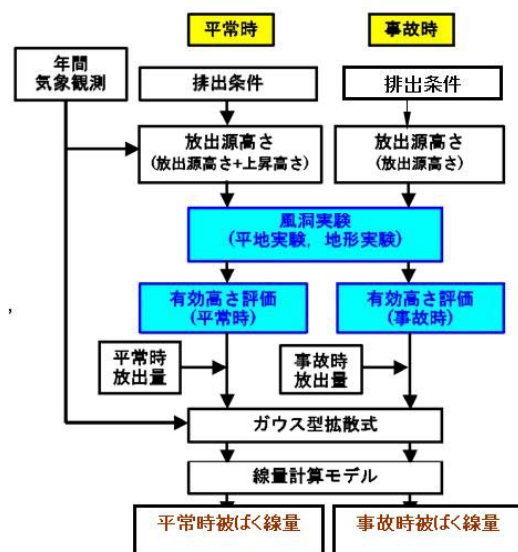
-風洞実験・実施基準分科会-

[風洞実験に基づく評価]

○風洞実験・分科会の趣旨

- ・発電用原子炉施設の平常運転時及び想定事故時の安全解析で用いる放出源の有効高さを求めるための風洞実験実施基準を改定

～風洞実験実施基準:2003の5年ごとの改訂

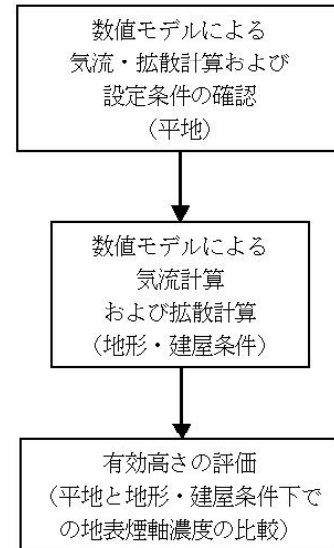


「有効高さ評価モデル分科会」の活動(1)

数値モデルによる 有効高さ評価手順

○数値モデル・分科会の趣旨

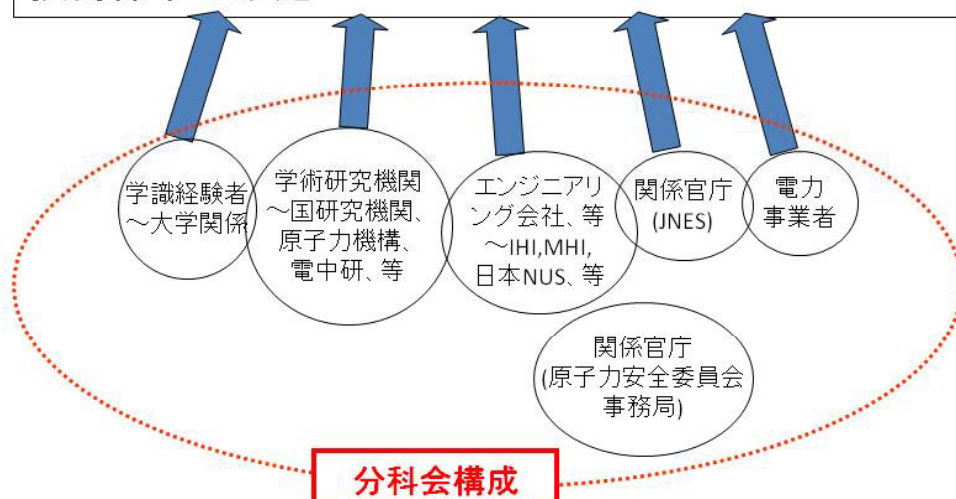
- ・放出源の有効高さを求めるために、数値シミュレーション技術を適用することが可能
- ・このため、数値モデルによる放出源有効高さの評価方法について取りまとめた実施基準を検討



「有効高さ評価モデル分科会」の活動(2)

【分科会検討事項】

・数値モデルによる有効高さの評価方法を取りまとめた技術標準の策定



「有効高さ評価モデル分科会」の活動(3)

○分科会の検討方針

- 1)放射性物質による被ばく線量評価を行うために、「気象指針」に従い、放出源の有効高さが風洞実験にて求められ、大気拡散評価。原子力学会標準「風洞実験実施基準」が制定され、これに基づき風洞実験を実施
- 2)数値モデルは風洞実験の代替手段と位置付け、数値モデル計算実施基準については、基本的に風洞実験と同じ考え方で策定
- 3)既往の研究成果に基づき具体的な実施手順、基礎となる計算パラメータの妥当性等を検討し実施基準を策定。他の数値モデルについてできる限り排除しない実施基準へ

「有効高さ評価モデル分科会」の活動(4)

○分科会の検討課題

1)数値モデルの性能基準

- ・大気拡散評価用の数値モデルの性能を評価する定量的な指標は事例が少ない
- ・風洞実験から数値モデルによる計算への切り替えに当たって性能基準は、国内外の事例、原子力学会内の数値モデルに関するV&V(Verification & Validation)の検討状況を参考に検討

「有効高さ評価モデル分科会」の活動(5)

●2009年1月16日第1回分科会～2010年11月1日の第12回分科会まで

●基盤・応用技術専門部会及び標準委員会にて審議され、承認を得て公衆審査(2012年2月22日締め切り)。V&Vの観点による修正など。

●標準委員会をもって制定(2012年3月8日)
→印刷&発行(2012/8/1)

・安全解析の手法の一つとして数値モデルの実用化の考え・流れも

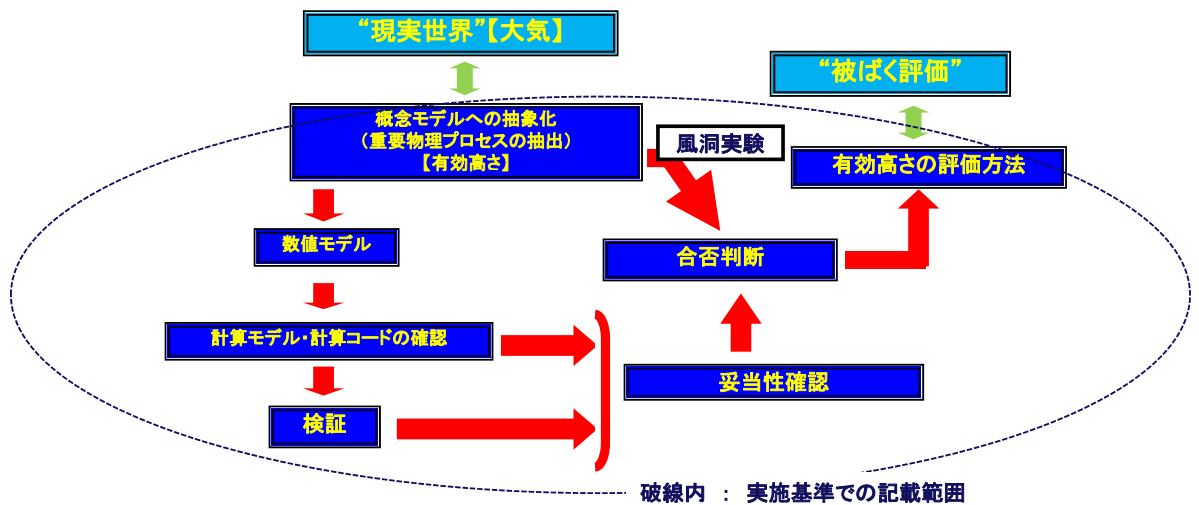
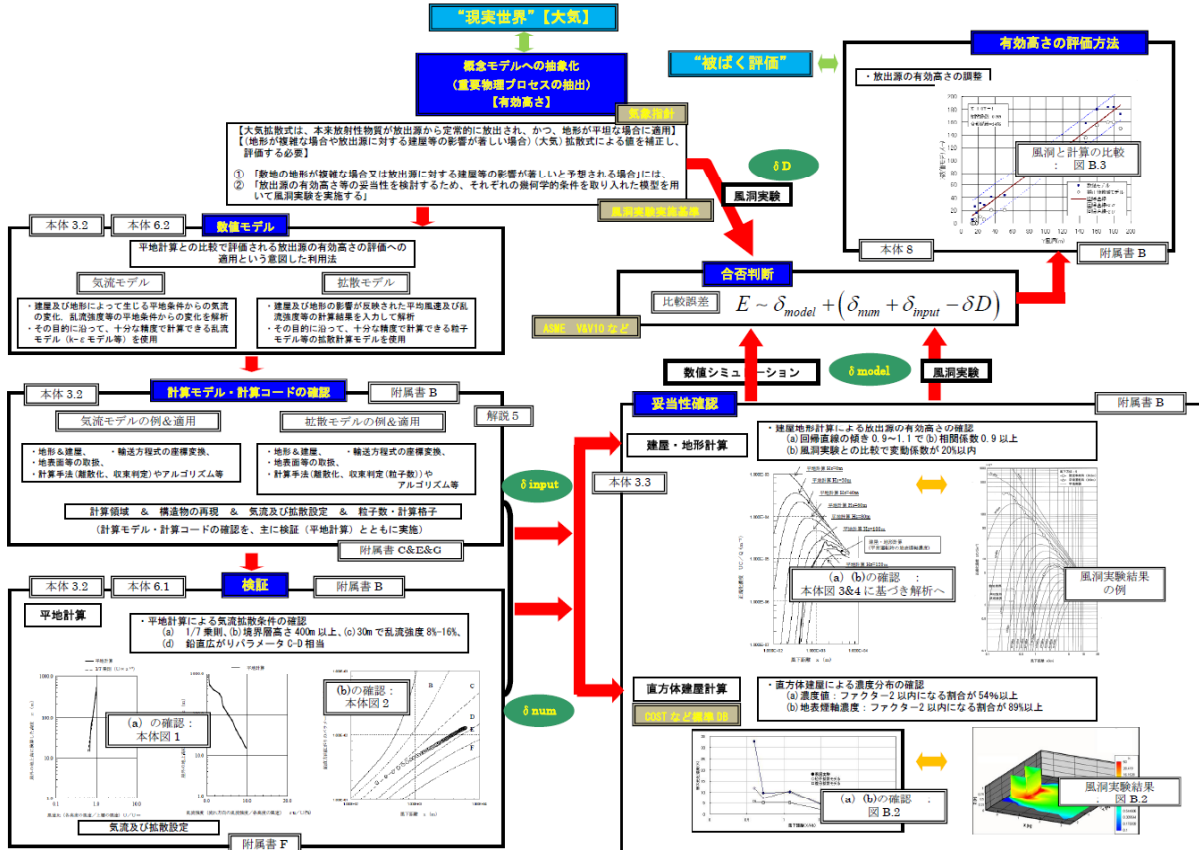
・検討すべき項目(1) 適用地点の蓄積
・検討すべき項目(2) 予測精度の向上 etc



日本原子力学会標準 発電用原子炉施設の安全解析における放出源の有効高さを求めるための数値モデル計算実施基準：20XX

1. 適用範囲
2. 用語及び定義
3. 放出源の有効高さ評価用の数値モデルの検証及び妥当性確認
 - 3.1 検証と妥当性確認の実施
 - 3.2 数値モデルの検証方法
 - 3.3 数値モデルの妥当性確認方法
 - 3.3.1 直方体建屋の風洞実験結果による妥当性確認
 - 3.3.2 放出源の有効高さの風洞実験結果による妥当性確認
4. 平常運転時を対象とした計算
5. 想定事故時を対象とした計算
6. 計算方法
 - 6.2 計算モデル
 - 6.2.1 気流計算モデル
 - 6.2.2 拡散計算モデル
7. 計算結果の整理方法
8. 計算結果を用いた放出源の有効高さ評価方法

放出源有効高さモデル実施基準—V&Vとの対応・評価



放出源有効高さモデルの標準における信頼性確保の流れ—V&Vとの対応—



放出源有効高さモデルの標準における用語の定義

検証

数値モデルが概念モデルとその解をどのくらい精度良く表しているかを定めるプロセス。

妥当性確認

使用目的に対してモデルが現実世界をどのくらい精度良く表しているかを定めるプロセス。



“現実世界”【大気】

概念モデルへの抽象化
(重要物理プロセスの抽出)
【有効高さ】

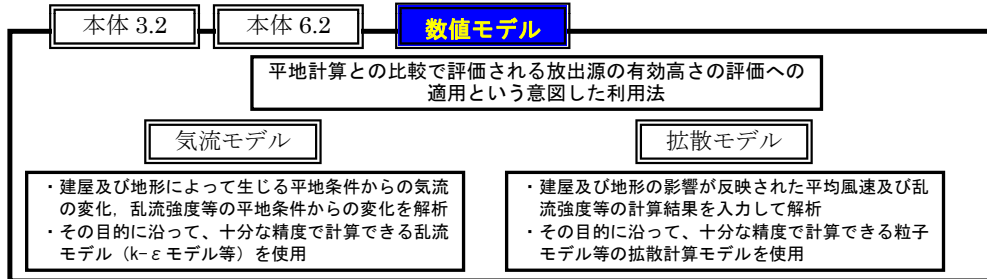
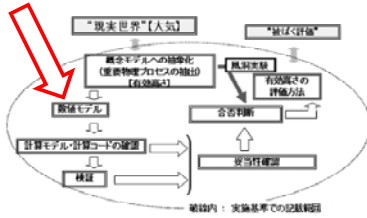
気象指針

【大気拡散式は、本来放射性物質が放出源から定常的に放出され、かつ、地形が平坦な場合に適用】
【(地形が複雑な場合や放出源に対する建屋等の影響が著しい場合)(大気)拡散式による値を補正し、評価する必要】

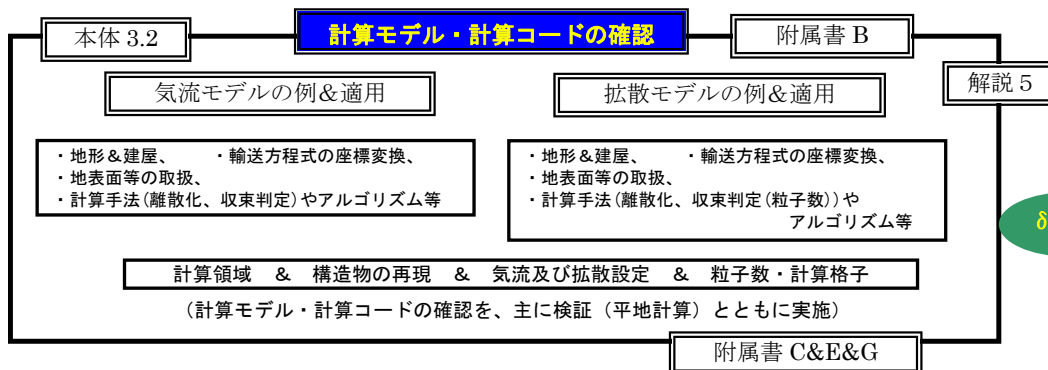
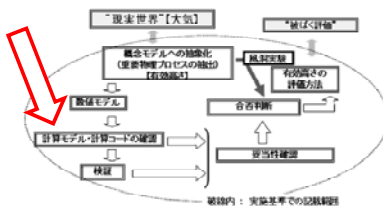
- ① 「敷地の地形が複雑な場合又は放出源に対する建屋等の影響が著しいと予想される場合」には、
- ② 「放出源の有効高さ等の妥当性を検討するため、それぞれの幾何学的条件を取り入れた模型を用いて風洞実験を実施する」

風洞実験実施基準

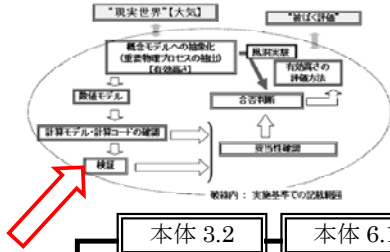
放出源有効高さモデルの標準における“概念モデルの抽出” 【有効高さ】



放出源有効高さモデルの標準における“数値モデル”



放出源有効高さモデルの標準における “計算モデル・計算コードの確認”



検証

本体 3.2 本体 6.1 附属書 B

平地計算

- ・平地計算による気流拡散条件の確認
 - (a) 1/7 乗則、(b) 境界層高さ 400m 以上、(c) 30m で乱流強度 8%~16%、(d) 鉛直広がりパラメータ C-D 相当

気流及び拡散設定

附属書 F

放出源有効高さモデルの標準における数値モデルの“検証”

妥当性確認

附属書 B

建屋・地形計算

- ・建屋地形計算による放出源の有効高さの確認
 - (a) 回帰直線の傾き 0.8~1.2 で (b) 相関係数 0.8 以上
 - (b) 風洞実験との比較で変動係数が 20% 以内

本体 3.3

(a) (b) の確認: 本体図 3&4 に基づき解析へ

風洞実験結果の例

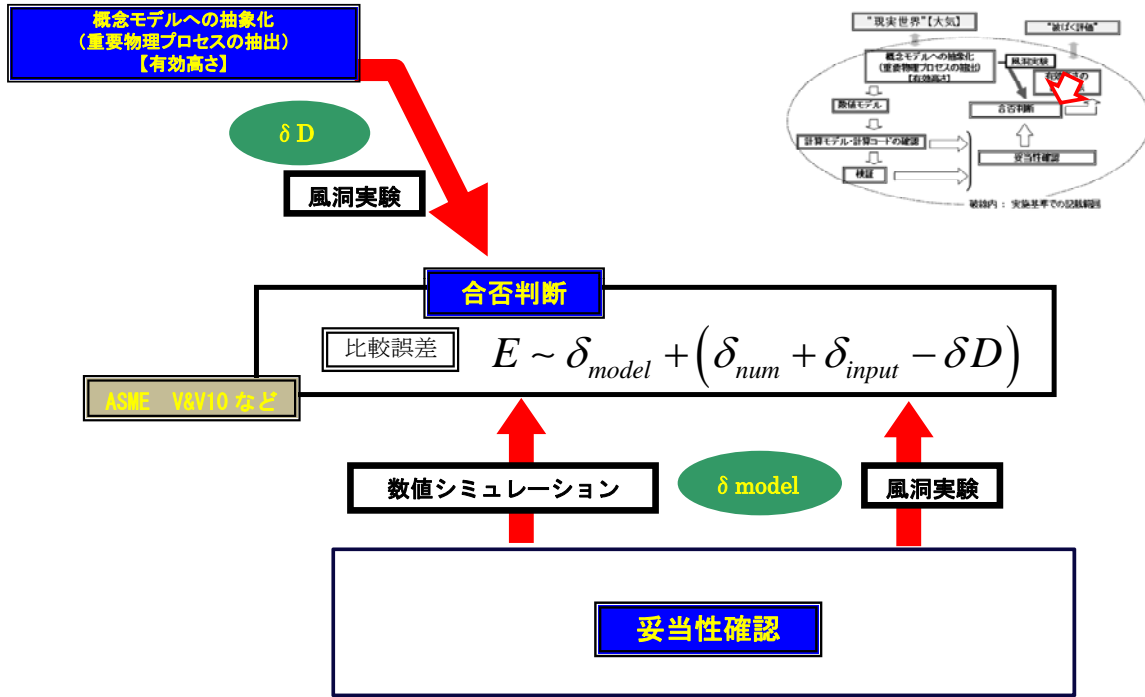
直方体建屋計算

COST など標準値

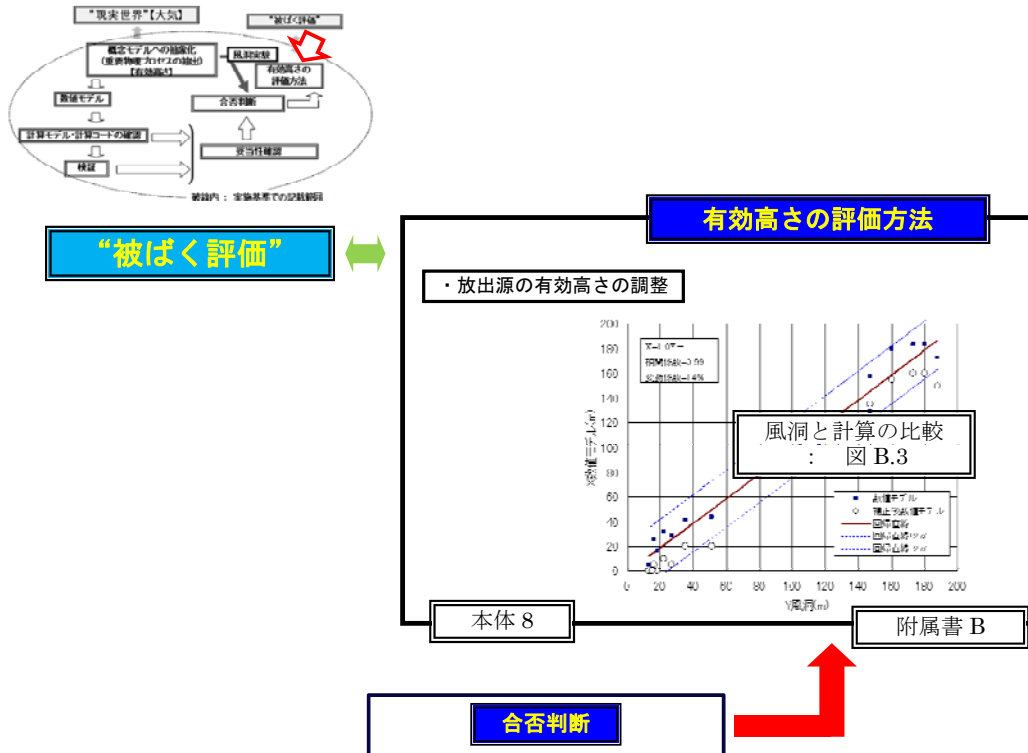
- ・直方体建屋による濃度分布の確認
 - (a) 濃度値: ファクター 2 以内になる割合が 54% 以上
 - (b) 地表煙軸濃度: ファクター 2 以内になる割合が 89% 以上

(a) (b) の確認: 図 B.2

風洞実験結果: 図 B.2



放出源有効高さモデルの標準における“合否判定”



放出源有効高さモデルの標準における数値モデルの
“評価方法(補正方法)”

今後の課題

- ✓数値モデルの適用地点数も限られることから、今後とも適用実績を積み上げること。
- ✓数値モデルの計算結果と本標準が比較対象とした風洞実験結果間に差異があること。
 - ・今後とも数値モデルの予測精度の向上を図ること。
 - ・差異が許容される範囲の検討(確定)すること。
 - ～数値モデルによる有効高さの評価方法(補正方法)の継続的な検討へ。